

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Dezember 2002 (19.12.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/101109 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C22C 38/04**, 38/06, C21D 8/02 (74) Anwalt: COHAUSS & FLORACK; Kanzlerstrasse 8a, 40472 Düsseldorf (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/06480

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum: 13. Juni 2002 (13.06.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 101 28 544.2 13. Juni 2001 (13.06.2001) DE

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): THYSSENKRUPP STAHL AG [DE/DE]; Kaiser-Wilhelm-Strasse 100, 47161 Duisburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOFMANN, Harald [DE/DE]; Persebecker Strasse 30, 44224 Dortmund (DE). ENGL, Bernhard [DE/DE]; Fuchsweg 7, 44267 Dortmund (DE). MENNE, Manfred [DE/DE]; Alter Werner Hellweg 153, 44803 Bochum (DE). HELLER, Thomas [DE/DE]; Robert-Koch-Strasse 6, 47229 Duisburg (DE). ZIMMERMANN, Werner [DE/DE]; Poststrasse 31, 46562 Voerde (DE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: HIGHLY STABLE, STEEL AND STEEL STRIPS OR STEEL SHEETS COLD-FORMED, METHOD FOR THE PRODUCTION OF STEEL STRIPS AND USES OF SAID STEEL

(54) Bezeichnung: HÖHERFESTER, KALTUMFORMBARER STAHL UND STAHLBAND ODER -BLECH, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON STAHLBAND UND VERWENDUNGEN EINES SOLCHEN STAHLS

(57) Abstract: The invention relates to steel strips or steel sheets exhibiting good cold forming ability and increased stability, comprising a light steel, which contains (in wt. %) C: ≤ 1.00 %, Mn: 7.00-30.00 %, Al: 1.00-10.00 %, Si: > 2.50-8.00 %, Al + Si: > 3.50-12.00 %, B: > 0.00 - < 0.01 %, and optionally Ni: < 8.00 %, Cu: < 3.00 %, N: < 0.60 %, Nb: < 0.30 %, Ti: < 0.30 %, V: < 0.30 %, P: < 0.01 %, the remainder being iron and unavoidable impurities.

(57) Zusammenfassung: Ein erfindungsgemässes Stahlband oder -blech mit guter Kaltumformbarkeit und höherer Festigkeit besteht aus einem Leichtstahl, der (in Gewichts-%) C: ≤ 1,00 %, Mn: 7,00 - 30,00 %, Al: 1,00 - 10,00 %, Si: > 2,50 - 8,00 %, Al + Si: > 3,50 - 12,00 %, B: > 0,00 - < 0,01 %, sowie wahlweise Ni: < 8,00 %, Cu: < 3,00 %, N: < 0,60 %, Nb: < 0,30 %, Ti: < 0,30 %, V: < 0,30 %, P: < 0,01 %, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen aufweist.

WO 02/101109 A1

**Höherfester, kaltumformbarer Stahl und Stahlband oder
-blech, Verfahren zur Herstellung von Stahlband und
Verwendungen eines solchen Stahls**

Die Erfindung betrifft einen Fe-Mn-Al-Si-Leichtstahl mit Kohlenstoff sowie ein Stahlband oder -blech mit guter Kaltumformbarkeit und höherer Festigkeit. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Bändern aus einem solchen Stahl und besonders geeignete Verwendungen eines solchen Stahls.

Ein für die Herstellung von Karosseriebauteilen und den Tieftemperatureinsatz verwendeter Leichtstahl ist aus der DE 197 27 759 C2 bekannt. Er enthält neben Fe 10 % bis 30 % Mn, 1 % bis 8 % Al und 1 bis 6 % Si, wobei die Summe der Gehalte an Al und Si 12 % nicht überschreitet. In diesem bekannten Stahl ist Kohlenstoff allenfalls im Verunreinigungsbereich enthalten.

Beim aus der DE 199 00 199 A1 bekannten Leichtbaustahl ist dagegen Kohlenstoff als optionales Legierungselement vorgesehen. Der bekannte Leichtstahl weist > 7 % bis 27 % Mn, > 1 % bis 10 % Al, > 0,7 % bis 4 % Si, < 0,5 % C, < 10 % Cr, < 10 % Ni und < 0,3 % Cu auf. Des weiteren können in dem Stahl N, V, Nb, Ti, P enthalten sein, wobei die Summe dieser Elemente 2 % nicht überschreiten darf.

Auch der aus der EP 1 067 203 A1 bekannte Leichtstahl enthält Kohlenstoff, und zwar 0,001 bis 1,6 %. Zudem weist dieser Stahl neben Fe 6 - 30 % Mn, ≤ 6 % Al, ≤ 2,5 % Si, ≤ 10 % Cr, ≤ 10 % Ni und ≤ 5% Cu auf. Zusätzlich können V, Ti, Nb, B, Zr und Seltene Erden in dem Stahl enthalten sein, wobei die Summe ihrer Gehalte 3 % nicht überschreitet. Ebenso kann der bekannte Stahl P, Sn, Sb, und As beinhalten, wobei die Summe der Gehalte dieser Elemente nicht größer als 0,2 % sein soll.

Es hat sich gezeigt, dass sich derart zusammengesetzte Stähle trotz der Anwesenheit von Kohlenstoff nur unter Schwierigkeiten warm- und kaltwalzen lassen. So zeigen sich an den Bandkanten häufig Instabilitäten oder Risse, welche die großtechnische Herstellung von Bändern oder Blechen aus solchen Stählen in der Praxis schwierig machen. Des weiteren weisen diese Stähle ein sehr stark isotropes Verformungsverhalten auf, welches sich in einem hohen Δr -Wert äußert. Auch infolge der schlechten Verformbarkeit wird die Weiterverarbeitung der nach dem bekannten Verfahren erzeugten Stahlbleche erschwert.

Gut verformbare Stähle mit höheren Festigkeiten werden auch für die Fertigung von Bauteilen benötigt, die mit Verzahnungen oder vergleichbaren Formelementen versehen sind. Bei diesen Bauteilen handelt es sich typischerweise um mit Innen- oder Außenverzahnungen versehene Getriebeteile. Diese lassen sich kostengünstig und mit hoher Maßhaltigkeit durch Drückwalzen herstellen.

Ein Verfahren zum Herstellen von Getriebeteilen durch Drückwalzen ist aus der DE 197 24 661 C2 bekannt. Gemäß diesem bekannten Verfahren wird aus einem mikrolegierten

hochfesten Baustahl, der eine untere Streckgrenze von mindestens 500 N/mm² besitzt, aus einem Blech ein Rohling geformt. Dieser Rohling wird dann durch Drückwalzen zu dem Getriebe kaltverformt. Im Zuge des Einformens der Verzahnung wird das Blechmaterial bis an die Grenze seines Umformvermögens umgeformt. Anschließend wird eine Oberfläche des mit der Verzahnung versehenen Werkstücks im wesentlichen unter Beibehaltung der Temperatur wärmeverzugsfrei gehärtet.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ausgehend von dem voranstehend erläuterten Stand der Technik einen Leichtstahl bzw. ein daraus erzeugtes Stahlband- oder -blech mit guter Verformbarkeit und guter Festigkeit zu schaffen, der bzw. das sich auch im großtechnischen Maßstab einfach herstellen lässt. Darüber hinaus sollen ein Verfahren zur Herstellung eines Stahlbandes oder -blechs sowie bevorzugte Verwendungen für den Stahl angegeben werden.

Die Aufgabe wird zum einen durch einen Leichtstahl gelöst, der folgende Zusammensetzung aufweist (in Gewichts - %) :

C: ≤ 1,00 %

Mn: 7,00 - 30,00 %

Al: 1,00 - 10,00 %

Si: > 2,50 - 8,00 %

Al + Si: > 3,50 - 12,00 %

B: > 0,00 - < 0,01 %

sowie wahlweise

Ni: < 8,00 %

Cu:	< 3,00 %
N:	< 0,60 %
Nb:	< 0,30 %
Ti:	< 0,30 %
V:	< 0,30 %
P:	< 0,01 %

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen. Den Verunreinigungen werden dabei Schwefel und Sauerstoff zugerechnet.

Überraschend hat sich herausgestellt, dass die gezielte Zugabe Bor bei erfindungsgemäßen Stählen zu einer deutlichen Verbesserung der Eigenschaften und der Herstellbarkeit führt. So bewirkt der im erfindungsgemäßen Stahl enthalte Gehalt an Bor eine Verminderung der Streckgrenze, wodurch die Verformbarkeit deutlich verbessert wird. Die günstigen Einflüsse der Legierung auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften erfindungsgemäßen Stahls kann dadurch noch unterstützt werden, dass der Kohlenstoffgehalt 0,10 - 1,00 Gew.-% beträgt, wenn also ein Mindestmaß von 0,10 Gew.-% an Kohlenstoff im erfindungsgemäßen Stahl nachweisbar ist.

Dabei hat die Anwesenheit dieser Elemente eine besonders gute Kombination von mechanischen und technologischen Eigenschaften zur Folge. So weist erfindungsgemäßer Stahl bzw. ein daraus erzeugtes Stahlband oder und -blech einen gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten, zur hier in Rede stehenden Gattung gehörenden Bleche einen deutlich niedrigeren Δr -Wert auf.

Zusätzlich zeichnen sich erfindungsgemäß zusammengesetzte kaltgewalzte Stahlbänder und -bleche durch vergleichbar niedrige Streckgrenzen, verbesserte Streckziehfähigkeit bei erhöhten Verfestigungsexponenten (n -Wert), erhöhte Tiefziehfähigkeit (r -Wert) und niedriger planarer Anisotropie (Δr -Wert) sowie ein erhöhtes Produkt aus Streckgrenze und Dehnung aus. So liegt die Zugfestigkeit erfindungsgemäßer Stahlbänder und -bleche mindestens bei 680 MPa. Das Produkt aus Zugfestigkeit und Dehnung beträgt mindestens 41000 MPa. Die Streckgrenze erfindungsgemäßer Stahlbleche und -bänder überschreitet 520 MPa nicht. Gleichzeitig besitzen erfindungsgemäße Stähle bzw. daraus erzeugte Bleche und Bänder eine außerordentlich hohe Gleichmaßdehnung von 20 % bis zu mehr als 45 %. Es werden n -Werte von bis zu 0,7 erreicht.

Im Ergebnis wird so ein besonders gut kaltverformbares Leichtstahlband oder -blech erhalten, das sich aufgrund seiner vergleichsweise hohen Festigkeit und geringen Dichte insbesondere für die Herstellung von Bauteilen für Automobilkarossern eignet. Ebenso macht das ausgezeichnete Verhältnis von Festigkeit und Gewicht ein erfindungsgemäß erzeugtes Stahlblech für die Herstellung von Rädern für Fahrzeuge, insbesondere Kraftfahrzeuge, für die Herstellung von innenhochdruck- oder außenhochdruckverformten Bauteilen, für die Herstellung von hochfesten Motorteilen, wie Nockenwellen oder Kolbenstangen, für die Herstellung von für den Schutz gegen impulsförmig auftreffende Belastungen, wie Beschuss, bestimmten Bauelementen, wie Panzerblechen, sowie Schutzelemente geeignet, die zum Schutz von Personen insbesondere gegen Beschuss bestimmt sind. Insbesondere im Falle der letztgenannten Anwendung macht

sich das vergleichsweise geringe Gewicht des erfindungsgemäßen Stahlblechs und die gleichzeitig hohe Festigkeit positiv bemerkbar.

Erfindungsgemäße Stahlbleche eignen sich bei rein austenitischer Gefügestruktur darüber hinaus in besonderer Weise zur Herstellung von nichtmagnetischen Bauelementen.

Des weiteren hat sich gezeigt, dass die erfindungsgemäßen auch bei besonders niedrigen Temperaturen ihre Festigkeit beibehalten. Sie eignen sich als solche insbesondere zur Herstellung von in der Kryotechnik eingesetzte Bauelemente, wie Behälter oder Rohre für die Kältetechnik.

Besonders sicher erreichen lassen sich die positiven Wirkungen von Bor in erfindungsgemäß verwendetem Stahl, wenn der Borgehalt 0,002 Gew.-% bis 0,01 Gew.-%, insbesondere 0,003 bis 0,008 Gew.-%, beträgt.

Auch der im Bereich von 0,1 % bis 1,0 % liegende C-Gehalt gewährleistet eine verbesserte Herstellbarkeit erfindungsgemäßer Stahlbleche und -bänder. Bei erfindungsgemäßen Stählen ist aufgrund der Anwesenheit von Kohlenstoff die Bildung intermetallischer Phasen unterdrückt. Risse und Instabilitäten im Bandkantenbereich, wie sie bei den aus den bekannten Stählen erzeugten Stahlbändern entstehen, werden so erheblich reduziert, wobei mit zunehmendem C-Gehalt die Instabilitäten in besonderem Maße abnehmen. Ein weitere Verbesserung der Bandkantenqualität wird durch die Zugabe von Bor erzielt. Im Ergebnis können durch die kombinierte

Zugabe von C und B Bandkanteninstabilitäten nahezu vollständig vermieden werden.

Bor substituiert in seiner Wirkung auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften das Legierungselement Mn. So ist festgestellt worden, dass ein Stahl mit 20 % Mn und 0,003 % Bor ein ähnliches Eigenschaftsprofil aufweist wie ein Stahl, der 25 % Mn, jedoch kein B enthält. Daher können erfindungsgemäße Leichtbaustähle relativ niedrige Mn-Gehalte bei dennoch vergleichsweise hohen Festigkeiten besitzen. Dies führt zu verminderten Legierungsmittelkosten und erleichtert die schmelzmetallurgische Herstellung eines erfindungsgemäß verwendeten Leichtstahls.

Zusätzlich eröffnen die erfindungsgemäß vorgesehenen C- und B-Gehalte ein weites Spektrum der Warmwalzparameter. So ist festgestellt worden, dass die bei Wahl hoher Warmwalzendtemperaturen und Haspeltemperaturen erhaltenen Kennwerte erfindungsgemäßer Stähle im wesentlichen gleich denen sind, die bei niedrigen Warmwalzendtemperaturen und Haspeltemperaturen erhalten werden. Auch diese Unempfindlichkeit bei der Warmbandherstellung begünstigt die einfache Herstellbarkeit erfindungsgemäßer Stahlbleche.

Aufgrund des auf Gehalte oberhalb von 2,50 Gew.-%, bevorzugt oberhalb von 2,70 Gew.-%, beschränkten Si-Gehaltsweisen erfindungsgemäße Stahlbänder und -bleche eine gegenüber solchen Leichtstahlbändern oder -blechen, die geringe Si-Gehalte besitzen, verbesserte Kaltwalzbarkeit auf. Die hohe Zugabe von Si drückt sich in gleichmäßigeren Streckgrenzen- und

Zugfestigkeitswerten sowie in höheren Bruchdehnungs- und Gleichmaßdehnungswerten aus. Si in erfindungsgemäßen Stählen führt darüber hinaus zu höheren r- und n-Werten sowie zu einer isotropen Ausbildung der mechanischen Eigenschaften. Die Obergrenze der aus Al- und Si-Gehalten gebildeten Summe liegt bei 12 %, da eine über diese Grenze hinausgehende Summe der Al- und Si-Gehalte die Gefahr einer Versprödung mit sich bringen würde.

Erfindungsgemäße Stahlbänder und -bleche lassen sich bevorzugt durch ein Verfahren herstellen, bei dem ein Vormaterial, wie Brammen, Dünnbrammen oder Band, aus einem erfindungsgemäß in der voranstehend erläuterten Weise zusammengesetzten Stahl gegossen wird, bei dem das gegossene Vormaterial auf = 1100 °C erwärmt oder mit einer solchen Temperatur direkt eingesetzt wird, bei dem das vorgewärmte Vormaterial zu Warmband bei einer mindestens 800 °C betragenden Warmwalzendtemperatur warmgewalzt wird und bei dem das fertiggewalzte Warmband bei einer 450 °C bis 700 °C betragenden Haspeltemperatur gehaspelt wird.

Indem das Warmband erfindungsgemäß bei mindestens 800 °C liegenden Warmwalzendtemperaturen warmgewalzt und bei niedrigen Temperaturen gehaspelt wird, wird die erwähnte positive Wirkung des Kohlenstoffs und insbesondere des Bors im vollen Umfang genutzt. So bewirken Bor und Kohlenstoff bei in diesem Bereich warmgewalzten Bändern höhere Zugfestigkeits- und Streckgrenzen-Werte bei nach wie vor akzeptablen Bruchdehnungswerten. Mit zunehmender Warmwalzendtemperatur nehmen Zugfestigkeit und Streckgrenze ab, während die Dehnungswerte ansteigen. Durch Variation der Walzendtemperaturen im durch die Erfindung vorgegebenen Rahmen lassen sich so die

gewünschten Eigenschaften des erhaltenen Stahlbandes gezielt und auf einfache Weise beeinflussen.

Durch die Beschränkung der Haspeltemperatur auf Werte von maximal 700 °C wird eine Werkstoffversprödung sicher vermieden. Es ist festgestellt worden, dass es bei höheren Haspeltemperaturen zur Bildung von Sprödphasen kommt, welche beispielsweise Materialabplatzungen nach sich ziehen können und als solche die Weiterverarbeitung erschweren oder sogar unmöglich machen.

Schon erfindungsgemäß erzeugtes Warmband zeichnet sich durch gute Gebrauchseigenschaften aus. Sollen dünnere Bleche oder Bänder erzeugt werden, so kann das Warmband nach dem Haspeln zu Kaltband kaltgewalzt werden, wobei das Kaltwalzen vorteilhafterweise mit einem Kaltwalzgrad von 30 % bis 75 % durchgeführt wird. Vorzugsweise wird das erhaltene Kaltband anschließend einer Glühung unterzogen, wobei die Glühtemperaturen zwischen 600 °C bis 1100 °C liegen sollten. Die Glühung kann dabei in der Haube im Temperaturbereich von 600 °C bis 750 °C oder im Durchlauf im Glühofen bei Temperaturen von 750 °C bis 1100 °C durchgeführt werden. Schließlich ist es im Hinblick auf die Kaltverformbarkeit und der Oberflächenausbildung günstig, das Kaltband abschließend zu dressieren.

Eine weitere besonders vorteilhafte Verwendung erfindungsgemäßen Stahls bzw. daraus hergestellter Stahlbänder und -bleche besteht in der Herstellung von kaltverformten Bauteilen durch Drückwalzen. Dazu werden aus dem Stahl Rohlinge hergestellt, die dann durch das Drückwalzen fertig geformt werden. Aufgrund seines besonderen Eigenschaftsprofils eignet sich

erfindungsgemäßer Stahl bzw. daraus hergestellte Blechrohlinge in besonderer Weise für diesen Zweck.

Abhängig von der Zusammensetzung lässt sich in erfindungsgemäßem Stahl eine rein austenitische oder eine aus einer Mischung von Ferrit und Austenit mit Anteilen von Martensit bestehende Gefügestruktur einstellen. Die erfindungsgemäßen Stähle lassen sich daher wesentlich besser umformen. Im Zuge der Kaltumformung verfestigen sie deutlich stärker als die bekanntermaßen für die Herstellung durch Drückwalzen eingesetzten hochfesten mikrolegierten oder Mehrphasen-Stähle. So lassen sich je nach Kaltverformung Bauteilfestigkeiten im Bereich von 1400 N/mm² bis 2200 N/mm² erzielen. Eine zusätzliche Härtung der erzeugten Bauteile nach der Kaltverformung kann daher entfallen. Auch wirkt es sich insbesondere bei der Herstellung von verzahnten Getriebebauteilen in Bezug auf den Einsatzzweck günstig aus, dass die erfindungsgemäß zu ihrer Herstellung verwendeten Stähle aufgrund des hohen Gehaltes an leichten Elementen, wie Si, Al, dichtereduziert sind.

Bei Verwendung eines erfindungsgemäß zusammengesetzten und beschaffenen Stahls kann somit auf eine Wärmebehandlung oder ein Oberflächenhärten des drückgewalzten Bauteils verzichtet werden. Die durch diese zusätzlichen Behandlungsschritte beim Stand der Technik verursachte Gefahr von Verzug und Verzunderung besteht daher bei Verwendung eines erfindungsgemäßen Stahles zur Herstellung von verzahnten, im Einsatz lokal starker Beanspruchung unterworfenen Bauelementen nicht mehr. So ermöglicht der erfindungsgemäße Stahl die kostengünstige Herstellung leichter, hochbelastbarer und

maßhaltiger Bauelemente durch Kaltverformung,
insbesondere Drückwalzen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungs-
und Vergleichsbeispielen näher erläutert.

In Tabelle 1 sind die Zusammensetzungen von vier Stählen A,B,C,D,E angegeben, von denen die Stähle A,B und C der erfindungsgemäß vorgesehenen Legierung entsprechen, während es sich bei den Stählen D und E um Vergleichsbeispiele handelt.

Stahl	C	Mn	Al	Si	B	Fe, Verunreinigungen
A	0,5	15	3	3	0,003	Rest
B	0,5	20	3	3	0,003	Rest
C	-	20	3	3	0,003	Rest
D	-	14	3	3	-	Rest
E	-	19	3	3	-	Rest

Tabelle 1

Die Stähle A bis E der betreffenden Zusammensetzungen sind erschmolzen und zu Brammen vergossen worden.

Anschließend sind die Brammen auf eine Temperatur von 1150 °C vorgewärmt worden. Die vorgewärmten Brammen sind dann warmgewalzt und anschließend gehaspelt worden.

Die jeweiligen Warmwalzendtemperaturen ET und Haspeltemperaturen HT sowie die jeweiligen Eigenschaften Zugfestigkeit R_m, Streckgrenze R_e, A₅₀-Dehnung, Gleichmaßdehnung A_{gl} und n-Wert der erhaltenen Warmbänder sind in Tabelle 2 angegeben.

Stahl	ET [°C]	HT [°C]	R _e [N/mm ²]	R _m [N/mm ²]	A ₅₀ [%]	A _{gl} [%]	n
A	960	500	486	792	42	38	0,31

B	930	500	509	825	46	42	0,32
C	920	500	496	818	31	27	-
D	820	500	610	920	26	-	-
E	840	500	430	700	30	-	-

Tabelle 2

Bis auf das aus dem nicht erfindungsgemäßen Stahl D hergestellte Band, welches sich nicht kaltwalzen ließ, sind die erhaltenen Warmbänder anschließend mit einem Verformungsgrand von ca. 65 % kaltgewalzt und bei 950 °C im Durchlauf gegläht. Die mechanischen Eigenschaften der so erhaltenen kaltgewalzten Stahlbleche sind in Tabelle 3 eingetragen.

Stahl	Re [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	A ₅₀ [%]	A _{gl} [%]	n	r	Δr
A	408	775	64	64	0,33	1,02	-0,1
B	411	785	61,1	61,1	0,33	1,0	-0,06
C	284	714	58	56,8	0,39	1,05	-0,17
D	Nicht kaltwalzbar						
E	382	744	52,5	50,3	0,32	0,82	-0,25

Tabelle 3

Es zeigt sich, dass die aus den Stählen A bis C erfindungsgemäß erzeugten Stahlbänder eine hervorragende Kaltverformbarkeit besitzen. Dabei weisen sie bei einer hohen Festigkeit und einer hohen Bruchdehnung jeweils ein ausgeprägt isotropes Verformungsverhalten ($r \sim 1$, $\Delta r \sim 0$) auf. Auch die aus dem kohlenstofffreien, jedoch Bor enthaltenden erfindungsgemäßen Stahl C erzeugten Stahlbänder weisen niedrige Streckgrenzen, erhöhte Bruch- und Gleichmaßdehnungen sowie ein isotropes Umformverhalten auf.

Somit eignen sich alle Varianten erfindungsgemäßer Stahlbleche in besonderer Weise für die Herstellung von

Karosseriebauteilen, speziell für die Außenbleche einer Automobilkarosserie, von Rädern für Fahrzeuge, insbesondere Kraftfahrzeuge, von nichtmagnetischen Bauelementen, von in der Kryotechnik eingesetzte Behältern, von innenhochdruck- oder außenhochdruckverformten Bauteilen, von Rohren, die insbesondere für die Herstellung von hochfesten Motorteilen, wie Nockenwellen oder Kolbenstangen, bestimmt sind, von für den Schutz gegen impulsförmig auftreffende Belastungen, wie Beschuss, bestimmten Bauelementen oder Schutzelementen, wie Panzerblechen, oder Körperpanzerungen für den menschlichen oder tierischen Körper. Ebenso lassen sich aus erfindungsgemäßen Stahlblechen hochbelastbare Getriebebauteile herstellen, die sich durch ein geringes Gewicht und gute Gebrauchseigenschaften auszeichnen, ohne dass es dazu einer zusätzlichen Wärmebehandlung bedarf.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Leichtstahl mit guter Kaltumformbarkeit und höherer Festigkeit mit folgender Zusammensetzung (in Gewichts - %) :

C: ≤ 1,00 %

Mn: 7,00 - 30,00 %

Al: 1,00 - 10,00 %

Si: > 2,50 - 8,00 %

Al + Si: > 3,50 - 12,00 %

B: > 0,00 - < 0,01 %

sowie wahlweise

Ni: < 8,00 %

Cu: < 3,00 %

N: < 0,60 %

Nb: < 0,30 %

Ti: < 0,30 %

V: < 0,30 %

P: < 0,01 %

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen.

2. Leichtstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kohlenstoffgehalt 0,10 - 1,00 Gew.-% beträgt
3. Leichtstahl nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Si-Gehalt > 2,70 Gew.-% beträgt.
4. Leichtstahl nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Bor gehalt 0,002 Gew.-% bis 0,01 Gew.-%, insbesondere 0,003 bis 0,008 Gew.-%, beträgt.
5. Stahlband oder -blech hergestellt aus einem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 zusammengesetzten Stahl.
6. Stahlband oder -blech nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß seine Zugfestigkeit mindestens 680 MPa beträgt.
7. Stahlband oder -blech nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Produkt aus seiner Zugfestigkeit und seiner Dehnung mindestens 41000 MPa beträgt.
8. Stahlband oder -blech nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß seine Streckgrenze bis zu 520 MPa beträgt.

9. Verfahren zur Herstellung eines kaltumformbaren höherfesten Stahlbandes oder -blechs,
 - bei dem ein Vormaterial, wie Brammen, Dünnbrammen oder Band, aus einem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 zusammengesetzten Stahl gegossen wird,
 - bei dem das gegossene Vormaterial auf = 1100 °C erwärmt oder mit einer solchen Temperatur direkt eingesetzt wird,
 - bei dem das vorgewärmte Vormaterial zu Warmband bei einer mindestens 800 °C betragenden Warmwalzendtemperatur warmgewalzt wird,und
 - bei dem das fertiggewalzte Warmband bei einer 450 °C bis 700 °C betragenden Haspeltemperatur gehaspelt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Warmband nach dem Haspeln zu Kaltband kaltgewalzt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Kaltband einer Glühung bei einer Glühtemperatur von 600 °C bis 1100 °C unterzogen wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Glühung als Haubenglühung bei einer 600 °C bis 750 °C betragenden Glühtemperatur durchgeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Glühung als Durchlaufglühung bei einer 750°C bis 1100 °C betragenden Glühtemperatur durchgeführt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Kaltband dressiert wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Kaltwalzen mit einem Kaltwalzgrad von 30 % bis 75 % durchgeführt wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem jeweils erhaltenen Warm- oder Kaltband Rohlinge erzeugt werden, die anschließend zu Bauelementen fertig kaltverformt werden.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kaltverformung als Drückwalzen durchgeführt wird.
18. Verwendung eines Stahles oder eines Stahlbandes oder -bleches gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Herstellung von tragenden Karosseriebauteilen.
19. Verwendung eines Stahles oder eines Stahlbandes oder -blechs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur

Herstellung von von außen sichtbaren Teilen von Fahrzeugkarosserien.

20. Verwendung eines Stahles oder Stahlbandes oder -blechs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Herstellung von Rädern für Fahrzeuge, insbesondere Kraftfahrzeuge.
21. Verwendung eines Stahles oder Stahlbandes oder -blechs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Herstellung von nichtmagnetischen Bautelementen.
22. Verwendung eines Stahles oder Stahlbandes oder -blechs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Herstellung von in der Kryotechnik eingesetzte Bauelemente.
23. Verwendung eines Stahles oder Stahlbandes oder -blechs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Herstellung von innenhochdruck- oder außenhochdruckverformten Bauteilen.
24. Verwendung eines Stahles oder Stahlbandes oder -blechs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Herstellung von Rohren, die insbesondere für die Herstellung von hochfesten Motorteilen, wie Nockenwellen oder Kolbenstangen, bestimmt sind.
25. Verwendung eines Stahles oder Stahlbandes oder -blechs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur

Herstellung von für den Schutz gegen impulsförmig auftreffende Belastungen, wie Beschuss, bestimmten Bauelementen, wie Panzerblechen.

26. Verwendung eines Stahles oder Stahlbandes oder -blechs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Herstellung von für den Schutz von Personen vor impulsförmig auftreffender Belastungen, wie Beschuss, bestimmten Schutzelementen, wie Helme und Körperpanzerungen.
27. Verwendung eines Stahles oder Stahlbands oder -blechs gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Herstellung von Bauteilen durch Drückwalzen.
28. Verwendung eines Stahlbands oder -blech gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Herstellung von Getriebeteilen.
29. Verwendung nach Anspruch 28, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Getriebeteile mit Verzahnungen versehen sind.
30. Verwendung nach Anspruch 28 oder 29, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Getriebeteile durch Drückwalzen hergestellt sind.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/06480

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 C22C38/04 C22C38/06 C21D8/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 C22C C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, CHEM ABS Data, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 00 199 A (UEBACHS RALF) 13 July 2000 (2000-07-13) cited in the application ---	
A	DE 197 27 759 A (MAX PLANCK INST EISENFORSCHUNG) 7 January 1999 (1999-01-07) cited in the application ---	
A	DE 197 24 661 A (LEICO WERKZEUGMASCHB GMBH & CO) 5 February 1998 (1998-02-05) cited in the application ---	
A	DE 11 82 844 B (FORD WERKE AG) 3 December 1964 (1964-12-03) --- -/-	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 September 2002

Date of mailing of the International search report

12/09/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mollet, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/06480

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 899 508 C (ADMINISTRATION SEQUESTRE DES R;STAHLWERKE ROECLING BUDERUS A) 14 December 1953 (1953-12-14) -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/06480

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
DE 19900199	A	13-07-2000	DE	19900199 A1		13-07-2000
DE 19727759	A	07-01-1999	DE	19727759 A1		07-01-1999
			AT	220731 T		15-08-2002
			WO	9901585 A1		14-01-1999
			EP	0889144 A1		07-01-1999
			JP	2002507251 T		05-03-2002
			US	6387192 B1		14-05-2002
DE 19724661	A	05-02-1998	DE	19724661 A1		05-02-1998
			DE	19854168 A1		05-01-2000
DE 1182844	B	03-12-1964	NONE			
DE 899508	C	14-12-1953	NONE			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/06480

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 C22C38/04 C22C38/06 C21D8/02

Internationale Patentklassifikation⁷: C22C 38/04,
 38/06, C21D 8/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 C22C C21D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, CHEM ABS Data, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ⁸	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 199 00 199 A (UEBACHS RALF) 13. Juli 2000 (2000-07-13) in der Anmeldung erwähnt ---	
A	DE 197 27 759 A (MAX PLANCK INST EISENFORSCHUNG) 7. Januar 1999 (1999-01-07) in der Anmeldung erwähnt ---	
A	DE 197 24 661 A (LEICO WERKZEUGMASCHB GMBH & CO) 5. Februar 1998 (1998-02-05) in der Anmeldung erwähnt ---	
A	DE 11 82 844 B (FORD WERKE AG) 3. Dezember 1964 (1964-12-03) --- -/-	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

4. September 2002

12/09/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mollet, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/06480

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 899 508 C (ADMINISTRATION SEQUESTRE DES R;STAHLWERKE ROECLING BUDERUS A) 14. Dezember 1953 (1953-12-14) -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Aktenzeichen

PCT/EP 02/06480

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19900199	A	13-07-2000	DE	19900199 A1		13-07-2000
DE 19727759	A	07-01-1999	DE	19727759 A1	07-01-1999	
			AT	220731 T	15-08-2002	
			WO	9901585 A1	14-01-1999	
			EP	0889144 A1	07-01-1999	
			JP	2002507251 T	05-03-2002	
			US	6387192 B1	14-05-2002	
DE 19724661	A	05-02-1998	DE	19724661 A1	05-02-1998	
			DE	19854168 A1	05-01-2000	
DE 1182844	B	03-12-1964		KEINE		
DE 899508	C	14-12-1953		KEINE		